

นาโนศึกษากรณีสารแม่เหล็กเฟอร์ไรต์ในสภาพของไหล

พิทักษ์ อยู่มี

ในปัจจุบันมีการกล่าวถึงเรื่องของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งโลกอนาคต ซึ่งเป็นเรื่องของเทคโนโลยีขนาดจิ๋วที่ทั่วโลกกำลังให้ความสนใจเป็นอย่างมาก นั่นคือ นาโนเทคโนโลยี (Nanotechnology) จนมีผู้กล่าวว่า “ผู้ใดเป็นผู้นำทางด้านนาโนเทคโนโลยีผู้นั้นเป็นมหาอำนาจ” นาโนเทคโนโลยีเป็นวิทยาการใหม่ที่เกิดจากการบูรณาการของหลายสาขาวิชาเข้ารวมกัน ได้แก่ เคมี ฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ ชีววิทยา คอมพิวเตอร์ และวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งแนวโน้มของการนำความรู้ที่ประยุกต์จากงานทางด้านนาโนเทคโนโลยีมาใช้โดยเฉพาะในภาคอุตสาหกรรมมีมากขึ้น ทั้งทางด้านชีวภาพและกายภาพ อาทิเช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์การแพทย์ พลังงาน การเกษตรและสิ่งแวดล้อม เป็นต้น นอกจากนี้ในมหาวิทยาลัยต่างประเทศเช่น มหาวิทยาลัยวิสคอนซิน มีการนำความรู้ทางด้านนาโนเทคโนโลยีไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนสนใจเรียนวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น

ตามกระแสของสังคมและเป็นข่าวรับทราบมาโดยตลอดว่าความรู้ความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์ของประเทศมีปัญหาและปัญหาจากการลดลงของผู้ที่มาเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ทั้งระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานและระดับอุดมศึกษา จึงมีการเรียกร้องให้มีการปฏิรูปการจัดการเรียนการสอนเพื่อแก้ไขปัญหาให้ครูอาจารย์มีศักยภาพและความสามารถจัดการ

เรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดผลสัมฤทธิ์ตามที่พึงประสงค์และหาวิธีการให้เด็กสนใจเรียนวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น ทางกลุ่มวิจัยด้านนาโนในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามจึงมีความสนใจที่จะนำความรู้ทางด้านนาโนเทคโนโลยีที่อาจจะดูว่าเป็นเรื่องไกลตัวเข้าไปประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอนหรือที่เรียกว่า นาโนศึกษา (Nano education) เพื่อให้รู้สึกว่าการเรียนเป็นเรื่องใกล้ตัวและน่าสนใจโดยเฉพาะความรู้ทางด้านนาโนเทคโนโลยีที่เป็นศาสตร์ใหม่และกำลังเป็นที่สนใจ ดังตัวอย่างที่จะกล่าวต่อไป

กรณีตัวอย่าง นักเรียนส่วนมากรู้ว่ามีความรู้ที่สามารถใช้ทำแม่เหล็กได้แต่ไม่เข้าใจหลักการเกี่ยวกับการทำงานของแม่เหล็ก จุดประสงค์ที่สำคัญคือต้องทำให้นักเรียนเกิดความคิดเกี่ยวกับสมบัติความเป็นแม่เหล็กที่ทำให้เกิดความเข้าใจความรู้ระดับอะตอมและระดับอิเล็กทรอนิกส์ยิ่งขึ้น

จากจุดเริ่มต้นเกี่ยวกับสมบัติความเป็นแม่เหล็กถูกเปิดเผยตั้งแต่สมัยโบราณ ในยุคกรีกและจีนตอนต้น ต้นกำเนิดของแม่เหล็กมาจากแร่แมกนีเซียม (Magnetite) ซึ่งเป็นก้อนแร่ในธรรมชาติ สมบัติของก้อนแร่นี้สามารถตอบสนองต่อขั้วแม่เหล็กโลกได้ และนำมาใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่ด้านการเดินเรือ แม่เหล็กทุกอันจะมีขั้วเหนือและขั้วใต้ ขั้วเหมือนกันจะผลักกันขั้วต่างกันจะดูดกัน เมื่อไหร่ที่แม่เหล็กเกิดแตกหัก

ข้าวเหนียวจะปรากฏเป็นข้าวของจีนที่หัก ข้าวได้ก็เช่นเดียวกัน ดังนั้นในแต่ละจีนก็จะมีทั้งข้าวเหนียวและข้าวใต้อยู่ตลอดเวลา

เกณฑ์ที่จะตรวจสอบเกี่ยวกับสมบัติของแม่เหล็กในระดับอะตอมหรืออิเล็กตรอน จะพิจารณาจากการหมุนของอิเล็กตรอนแล้วทำให้เกิดประจุและประจุนั้นเกิดการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ของประจุจะทำให้สนามแม่เหล็กมีมากขึ้น การหมุนของอิเล็กตรอนจะหมุนอย่างมีทิศทางในทิศทางขึ้นและลงกับทิศของสนามแม่เหล็ก เมื่ออิเล็กตรอนมีระดับพลังงานสูงขึ้นจะมีการหมุนตรงกันข้ามกับทิศทางของสนามแม่เหล็ก อะตอมบางตัวมีอิเล็กตรอนได้หลายตัวและมีการหมุนแต่ไม่ได้หมุนขึ้นทั้งหมด เมื่อวางวัตถุในสนามแม่เหล็กอะตอมของวัตถุจะวางตัวในแนวเดียวกันกับสนามแม่เหล็กภายนอก ข้าวเหนียวของแต่ละอะตอมจะวางตามข้าวเหนียวของสนามแม่เหล็ก สารพาราแมกเนติก (Paramagnetic) เท่านั้นที่แม่เหล็กสามารถดูดได้

แนวความคิดจะใช้วัสดุที่มีอยู่ทำเป็นวัสดุที่มีลักษณะเป็นของเหลวและมีสมบัติเป็นแม่เหล็กด้วย ในความจริงแล้วไม่มีวัสดุใดที่มีสมบัติเป็นแม่เหล็กและเป็นของเหลวด้วยแต่เหล็กที่มีสภาพเป็นของไหลที่เรียกว่า สารแม่เหล็กเฟอร์โรในสภาพของไหล (Ferrofluid) เป็นวัสดุที่สามารถเป็นได้เนื่องจากมันมีขนาดอนุภาคระดับนาโน จึงแสดงสมบัติความเป็นแม่เหล็กออกมาขณะที่ยังเป็นของเหลว ปกติแล้วสารประกอบแม่เหล็กสามารถพบได้ตามพื้นทรายตามชายหาด ส่วนแม่เหล็กที่อยู่ในสภาพของไหลสามารถสังเคราะห์ขึ้นในห้องปฏิบัติการ ถ้าบรรจุเหล็กที่มีสภาพเป็นของไหลลงในขวดใส่สารขนาดเล็ก

และใช้แม่เหล็กดูดจากข้างนอกขวดและสังเกตเหล็กที่มีสภาพเป็นของไหลในขวด หลังจากนั้นใส่ผงเหล็กชิ้นเล็กๆ ลงไปในเหล็กที่มีสภาพเป็นของไหลด้วย อธิบายความแตกต่างระหว่างผงเหล็กกับของไหลในขวด สังเกตว่าอนุภาคในขวดเป็นอย่างไร อะตอมหรือว่าโมเลกุลที่อยู่ในของไหลจะเป็นอิสระต่อกันและเคลื่อนที่ไปรอบๆ ผงเหล็กที่อยู่ในนั้น จะมีการสร้างพันธะกันอย่างแน่นหนา บันทึกผลการรวมกันเป็นสารแม่เหล็กในสภาพของไหล โดยนำแม่เหล็กมาดูดสารแม่เหล็กที่มีสภาพของไหลจะเห็นว่าเกิดปรากฏการณ์ที่มีลักษณะเหมือนโลหะที่มีปลายแหลม (Spikes) เรียงตัวเป็นเส้นตามแนวสนามแม่เหล็ก จะคล้ายกับการทดลองเอาแม่เหล็กดูดผงตะไบเหล็ก ต่างกันตรงที่ทุกชิ้นส่วนของอนุภาคมีขนาดเล็กดูราบเรียบกว่า แต่ถ้าเอาแม่เหล็กออกเหล็กที่มีสภาพเป็นของไหลจะเคลื่อนที่ลงไปหาของเหลวข้างล่าง

สารแม่เหล็กเฟอร์โรในสภาพของไหลที่มีสมบัติแม่เหล็กในทางการค้าสารแม่เหล็กเฟอร์โรในสภาพของไหลจะมีอนุภาคประมาณ 10 นาโนเมตร การสังเคราะห์สารแม่เหล็กเฟอร์โรในสภาพของไหลได้เริ่มในปี 1960 โดยการวิจัยขององค์การนาซ่า (NASA) นักวิทยาศาสตร์ได้ตรวจสอบความแตกต่างความเป็นไปของวิธีการควบคุมของไหลในอวกาศ ประโยชน์ที่สังเกตได้ชัดเจนคือการหาตำแหน่งของสนามแม่เหล็กที่ทำได้อย่างแม่นยำ สารแม่เหล็กเฟอร์โรสามารถเตรียมได้โดยการรวมกันอย่างเหมาะสมระหว่างเกลือของ Fe(II) และเกลือของ Fe(III) ในสารละลายเบส อาศัยการรวมกันทำให้ได้สารแม่เหล็กที่เป็นของแข็ง (Fe_3O_4) เกิดขึ้นอย่าง

ฉับพลัน สารแม่เหล็กเฟอร์ไรต์ในสภาพของไหลสามารถทำได้น้ำที่เป็นเบสหรือในสารอินทรีย์ที่เป็นเบส

ประโยชน์การนำไปใช้

1. มีการใช้สารแม่เหล็กเฟอร์ไรต์ในสภาพของไหลในการลดการเสียดสีของการหมุนของก้านมอเตอร์ ทำให้เกิดการหมุนที่ดีขึ้น สารแม่เหล็กเฟอร์ไรต์ในสภาพของไหลจะยึดตำแหน่งของเหล็กให้มั่นคงทำให้ผนึกกันแน่น ใช้ในการหมุนของข้อบกพร่องในรังสีเอกซ์และในถ้วยสุญญากาศ และใช้ในอุตสาหกรรมกึ่งตัวนำ

2. ใช้ในการฝึกแผ่นขับเคลื่อนดิสก์ของคอมพิวเตอร์ สารแม่เหล็กเฟอร์ไรต์ในสภาพของไหลจะใช้ในการฝึกแผ่นขับเคลื่อนดิสก์ในคอมพิวเตอร์จะป้องกันอนุภาคของสิ่งสกปรกที่จะเข้าไปทำลายหัวอ่านข้อมูลในดิสก์

3. สารแม่เหล็กเฟอร์ไรต์ในสภาพของไหลเริ่มนำมาใช้ในการปรับปรุงเสียงในลำโพง เพราะในลำโพงนั้นมีพลังงานไฟฟ้าที่ถูกส่งโดยขดลวดวงกลม สนามแม่เหล็กทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าเพราะขดลวดสั้นและทำให้เกิดเสียงและความร้อน สารแม่เหล็กเฟอร์ไรต์ในสภาพของไหลในขดลวดจะช่วยยึดแผ่นแม่เหล็กไว้ ช่วยขจัดความชื้นอันจะทำให้พลังงานไม่พอเพียงในการส่งไปยังขดลวดและเป็นการปรับปรุงคุณภาพเสียง

4. ประยุกต์ใช้ในทางชีวการแพทย์ (Biomedical) ในอนาคตเป็นที่คาดหวังอย่างยิ่งว่า จะมีการประยุกต์ใช้ สารแม่เหล็กเฟอร์ไรต์ในสภาพของไหลในทางชีวการแพทย์ ตัวอย่างเช่น ผู้วิจัยได้ออกแบบใช้สารแม่เหล็กเฟอร์ไรต์ในสภาพของ

ไหลมาจัดทำยาที่มีความจำเพาะกับตำแหน่งต่างๆ ในร่างกาย โดยประยุกต์ใช้กับสนามแม่เหล็ก

สารแม่เหล็กเฟอร์ไรต์ในสภาพของไหลเป็นคอลลอยด์ของเหล็กที่มีอนุภาคระดับนาโน จะตอบสนองต่อแม่เหล็กภายนอก ควบคุมได้โดยใช้สนามแม่เหล็ก การผสมระหว่างเกลือของ Fe(II) และ เกลือของ Fe(III) ทำให้เกิดแม่เหล็ก (Fe_3O_4) เป็นอนุภาคระดับ นาโนในสารละลายเบส จะได้ชิ้นส่วนเล็กๆ แว่นลอยในของเหลว สามารถแยกออกมาได้ สารแม่เหล็กเฟอร์ไรต์ในสภาพของไหลมีสมบัติในการทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่มีลักษณะเหมือนโลหะที่มีปลายแหลมเมื่อวางใกล้กับแม่เหล็กถาวร

วิธีเตรียมสาร

1. เติมน้ำสารละลาย 4 mL ของ 1.0 M FeCl_3 และ 1 mL ของ 2.0 M ของ FeCl_2 ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 mL และคนสารละลายให้เข้ากัน

2. หยดสารละลายแอมโมเนีย 1.0 M ในบิวเรตลงไปช้าๆ รอจนเวลา 5 นาทีจากนั้นจะได้ตะกอนสีน้ำตาล

3. หยดจนแล้วใช้แท่งแม่เหล็กดูดสารแม่เหล็กออกจากบีกเกอร์

4. พอได้สารแม่เหล็กแล้ว จากนั้นก็ค่อยๆ รินและทิ้งสารละลายออกจากของแข็ง สามารถเร่งกระบวนการโดยวางแม่เหล็กไว้ได้ ภาชนะ แล้วนำของแข็งซึ่งใช้แม่เหล็กถาวรดูดสารแม่เหล็กเฟอร์ไรต์ในสภาพของไหลได้ภาชนะ นำมาล้างให้สะอาดโดยใช้น้ำล้าง 3 ครั้ง

5. เติม 1 - 2 mL ของ 25 % Tetramethylammonium hydroxide ค่อยๆ คนด้วยแท่งแก้วคน โดยใช้เวลาน้อยที่สุด จะได้

ของแข็งแขวนลอยอยู่ในของเหลว ใช้แม่เหล็กถาวรดูดสารแม่เหล็กเฟอร์ไรต์ในสภาพของไหลได้ ภาชนะรินของเหลวสีน้ำตาลทิ้ง หมุนแม่เหล็กถาวรไปรอบกันภาชนะ แล้วเทของเหลวทิ้ง ถ้าสารแม่เหล็กเฟอร์ไรต์ในสภาพของไหลไม่เรียงตัวให้ดำเนินการเคลื่อนแม่เหล็กไปรอบๆ แล้วเทของเหลวทิ้ง

6. สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นในภาชนะ



ขั้นที่ 1



ขั้นที่ 2



ขั้นที่ 3



ขั้นที่ 4



ขั้นที่ 5



ขั้นที่ 6

สารเคมี

1. 2.0 M HCl (HCl เข้มข้น 21 mL ในน้ำ 250 mL)
2. 2.0 M $\text{FeCl}_2 \cdot (\text{H}_2\text{O})_4$ ใน 2.0 M HCl
3. 1.0 $\text{FeCl}_3 \cdot (\text{H}_2\text{O})_6$ ใน 2.0 M HCl
4. 1.0 M NH_3 ในน้ำ
4. 25% Tetramethylammonium hydroxide ในน้ำ

เอกสารอ้างอิง

1. Nanoworld, Wisconsin University [online]. Available: <http://www.nrsec.wisc.edu/Edetc/nanolab/ffexp/index.html> (1 มกราคม 2549)
2. J. Breitzer and G. Lisensky, Synthesis of Aqueous Ferrofluid, J. Chem. Educ., 76, 943-948, 1999.